



UNIVERSIDAD  
**COMPLUTENSE**  
MADRID

**Proyecto de Innovación y Mejora de la Calidad Docente**

**Convocatoria 2014**

**Proyecto nº 158**

**La Química Orgánica: colección de materiales para el  
aprendizaje en un entorno abierto**

**M<sup>a</sup> Josefa Rodríguez Yunta**

**Facultad de Ciencias Químicas**

**Departamento de Química Orgánica I**

## **1.- Objetivos propuestos en la presentación del proyecto**

Ante el hecho constatado de que la evaluación continuada por competencias no es nada fácil y plantea un cambio de mentalidad que no se consigue de manera rápida ya que, solamente de forma progresiva, podemos pasar de la dependencia “del profesor y su examen final” al “trabajo autónomo y continuado” con una evaluación individual o de pares, como forma de progresar en el camino hacia la conversión en un estudiante responsable de lo “que sabe” y “quiere saber”, nos encontramos con el problema de que si la evaluación continuada forma parte del proceso educativo, debe encauzar el aprendizaje del alumno, informándole sobre los aspectos en los que debe mejorar. Por otra parte, el alumno debe ser consciente de que las competencias no pueden ser evaluadas directamente, pero sí pueden ser inferidas del desempeño de determinadas tareas.

Por tanto, el método de autoevaluación formativa propuesto en este proyecto, no tiene como objetivo comprobar el aprendizaje del alumno al final de un curso o a lo largo del mismo, sino facilitar en la medida de lo posible dicho aprendizaje. La evaluación así entendida supone una oportunidad más para aprender, para integrar, asimilar o construir conocimiento entendiéndose como un proceso continuo que sirve para retroalimentar a los alumnos a lo largo del curso, no sólo al final, como venía sucediendo tradicionalmente. En este sentido, este tipo de evaluación trata de fomentar el desarrollo del alumno.

El poder disponer de la herramienta que se ha pretendido crear en este Proyecto de Innovación por parte de los alumnos y también del profesorado, resulta de gran utilidad potencial en muchos ámbitos, ya que los conceptos generales o básicos de Química Orgánica aparecen entre los descriptores de varias asignaturas de los distintos grados que se imparten actualmente en la Universidad Complutense, como pueden ser: “Química aplicada a la Biología” del Grado en Biología, “Química” del Grado en Bioquímica, “Fundamentos de Química y Análisis Químico” del Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, “Química” del Grado en Física, “Química” del Grado en Geología, “Química” del Grado en Óptica y Optometría, “Química, Zoología y Botánica aplicadas a la Veterinaria” del Grado en Veterinaria. Además los mismos conceptos, junto a otros más avanzados, aparecen también en las asignaturas de “Química Orgánica” de las titulaciones de Grado en Química, Grado en Farmacia o Grado en Ingeniería Química, por lo que también pueden resultar de utilidad para los alumnos matriculados en las mismas. Es decir, con este proyecto se ha pretendido

crear una herramienta que puede resultar útil tanto en la rama de conocimiento de Ciencias, como en la de Ciencias de la Salud.

En lo que respecta al diseño de las actividades propuestas, están pensadas para realizarse en forma individual en casa, caracterizándose por tener un sentido práctico, y relacionado con la vida, en las que el estudiante sea un autoexperimentador de su entorno a través de la observación de los fenómenos y el análisis que realice de ellos.

Las autoevaluaciones estarán diseñadas en dos tipos, como cuestionarios de autoevaluación con preguntas de opción múltiple de manera convencional, así como de juegos, de tal forma que se invite al alumno a querer conocer sus aprendizajes en un tema determinado.

Todo este trabajo puede resumirse en los siguientes puntos:

1º.- Diseñar el conjunto de explicaciones teóricas básicas necesarias para comprender el comportamiento físico y químico de los distintos grupos funcionales presentes en las moléculas orgánicas, utilizando las correspondientes imágenes y/o animaciones flash más adecuadas en cada caso

2º.- Diseñar una amplia colección de preguntas que permitan a los estudiantes comprobar hasta qué punto han logrado alcanzar los objetivos de aprendizaje de la asignatura en la que se encuentran matriculados, dentro del campo de la Química Orgánica.

3º.- Clasificar las preguntas por temas concretos, de forma que el alumno pueda escoger entre ellos los más adecuados a su nivel de aprendizaje, pudiendo utilizar de forma consecutiva los diferentes niveles, avanzando así en su proceso educativo.

4º.- Crear una batería de tests que, utilizando la colección de preguntas preparada para cada uno de los niveles, permitan la autoevaluación de los Objetivos de Conocimiento de las diferentes asignaturas de los Grados actuales en las que se incluyen temas de Química Orgánica General.

5º.- Implementar los correspondientes tipos de tests que se puedan construir con dicho banco de preguntas en una página web, de forma que se pueda permitir el acceso al material correspondiente a los alumnos y profesores interesados en su utilización.

6º.- Implementar, así mismo, la información generada en una serie de archivos pdf, de forma que se puedan descargar y utilizar sin necesidad de estar conectado a la red de la Universidad Complutense.

## 2.- Objetivos alcanzados

1º.- En relación con el diseño del conjunto de explicaciones teóricas básicas necesarias para comprender el comportamiento físico y químico de los distintos grupos funcionales presentes en las moléculas orgánicas, utilizando las correspondientes imágenes y/o animaciones flash más adecuadas en cada caso, se generaron una serie de archivos que se hicieron accesibles a los alumnos de un grupo de primer curso del Grado en Biología. Se comprobó que la idea de facilitar el acceso a estos archivos era adecuada para algunos alumnos, pero también se observó que perjudicaba a otros alumnos, ya que estos tomaban una parte menos activa en las clases presenciales, fiándose, en exceso, de encontrar luego las explicaciones necesarias cuando “llegara la hora de estudiar”. En nuestra experiencia, por tanto, este tipo de herramientas con explicaciones teóricas es más adecuado para enseñanzas no presenciales, salvo si dicha información se ofrece más fragmentada, es decir, relativa a puntos muy concretos, como puede ser, por ejemplo un punto dedicado a “estructura de las aminas”, otro a “basicidad de las aminas”, etc. en lugar de un punto sobre “aminas”. Por esta razón es necesario rehacer los archivos siguiendo esta filosofía. Lo que se ha comprobado es que las imágenes y/o animaciones flash han resultado útiles en todos los casos, por lo que se tiene la intención de aumentar el número de las mismas.

2º, 3º y 4º.- Durante la realización de un Proyecto de Innovación Educativa anterior a este, (Creación de material para el autoaprendizaje de Química, Proyecto nº 99 de Innovación educativa UCM 2007-2008) se habían creado una serie de test, que incluían algunos aspectos de la Química Orgánica, de un nivel adecuado para aquellos casos en los que se dedicaban 3 créditos o menos al estudio de la Química Orgánica, como es el caso de los alumnos de primer curso del Grado en Biología, lugar de uso habitual de nuestra batería inicial, por lo que se pensó que podían constituir la base de menor nivel de la batería a desarrollar en este proyecto.

Dentro del bloque de test de nivel medio, se ha llevado a cabo la creación de una batería de 126 preguntas, agrupadas en 6 tipos diferentes. Estos test de nivel medio se pusieron a disposición de los alumnos de la asignatura de Química del primer curso del grado en Bioquímica del curso 2014-2015, con muy buena aceptación por parte de los mismos.

Con los resultados obtenidos tras su utilización, se ha comprobado que las preguntas diseñadas hasta la fecha son adecuadas para asignaturas de un nivel medio de Química Orgánica, como pueden ser aquellos que dedican un mínimo de 6

créditos a la misma, pero que resultaba conveniente aumentar el número de tipos y el número de preguntas dentro de cada tipo, aspecto que se piensa tratar durante este curso 2015-16.

La creación de posibles preguntas para un nivel avanzado se ha pospuesto de momento, dado que no se tenía acceso a un número suficiente de alumnos como para poder comprobar la validez y utilidad de los bancos de preguntas que se pudieran generar.

5º.- La implementación de los correspondientes tipos de tests construidos con el banco de preguntas generado hasta la fecha en una página web, de forma que se pudiera permitir el acceso al material correspondiente a los alumnos y profesores interesados en su utilización, no se ha llevado a cabo todavía, ya que se considera que no se ha alcanzado un nivel suficiente de materiales generados, al solamente haberse generado 237 preguntas diferentes. En cualquier caso, se sigue manteniendo la idea de llevarlo a cabo una vez que se alcance un número de preguntas total superior a las 400.

6º.- Así mismo, la implementación de la información generada en una serie de archivos pdf, de forma que se puedan descargar y utilizar sin necesidad de estar conectado a la red de la Universidad Complutense, se llevará a cabo una vez que se alcance el nivel de materiales suficientes para crear la página Web.

### **3.- Metodología empleada en el proyecto**

En primer lugar se llevó a cabo un estudio de la profundidad con la que se tratan los temas básicos de la Química Orgánica en las asignaturas de los diversos grados existentes en la Universidad Complutense, para decidir en cuantos niveles de dificultad podía resultar conveniente dividir las cuestiones del tema. El mismo estudio se realizó con las distintas técnicas básicas empleadas en las prácticas de laboratorio que acompañan a dichos estudios, ya que normalmente la complejidad de las prácticas que realizan los alumnos proporciona una información bastante real sobre este aspecto.

A continuación se crearon las introducciones teóricas a los distintos temas propuestos, generando las imágenes necesarias con los programas de dibujo de moléculas orgánicas de que dispone el grupo de trabajo (ChemDraw, HyperChem, etc), y las animaciones se debían generar con programas de uso libre (Jmol, Windows movie maker, etc).

En este último aspecto, hay que señalar que se ha encontrado un problema para el uso de Jmol, ya que las últimas actualizaciones de Java no lo reconocen, y las nuevas versiones del programa, que aparentemente deberían tener resuelto este problema, siguen dando fallos. Por esta razón, se decidió esperar a que los diseñadores del programa arreglaran realmente este problema antes de volver a intentar la generación de las animaciones.

Seguidamente, se diseñaron las correspondientes preguntas tipo test, realizando las imágenes necesarias de las moléculas objeto de las diferentes preguntas en formato gif.

Al no haberse generado aún todo el material necesario, no se ha llevado a cabo la creación de la página web que albergará en su momento los diferentes tipos de tests, incluyendo en los mismos la retroalimentación necesaria en cada caso. Cuando se cree dicha página se incluirán también en la misma los archivos pdf, que se adecuarán a su uso por parte de los alumnos.

Lo último realizado hasta este momento ha sido la comprobación de que no existen erratas en las preguntas o respuestas generadas, para lo que, además del correspondiente chequeo por parte de los profesores integrantes del grupo de trabajo, se han tenido en cuenta las dudas que han surgido en el uso de los materiales generados en la herramienta por parte del grupo de alumnos, a los que se ha permitido el acceso a los mismos.

#### **4.- Recursos humanos**

En la realización de este proyecto han tomado parte, junto a la responsable del mismo, M<sup>a</sup> Josefa Rodríguez Yunta, los alumnos del grupo C de 1º de Grado en Biología y del grupo único de 1º de Grado en bioquímica que han querido utilizar las herramientas propuestas, además de las profesoras integrantes del equipo: Lucrecia Campayo Pérez y M<sup>a</sup> del Carmen Cano Benjumea.

#### **5.- Desarrollo de las actividades**

Tal y como se había previsto en el plan de trabajo presentado, se comenzó por una serie de reuniones en las que el equipo de trabajo estudió los distintos capítulos en que podía dividirse el tema, cuáles eran las agrupaciones más convenientes para su desarrollo, y también cuales eran los niveles adecuados para el tratamiento de cada uno de ellos. De forma similar se estudiaron los diferentes tipos de test a desarrollar, lo

que llevó gran parte del mes de marzo. Seguidamente se pasó a redactar tanto las introducciones teóricas como las diferentes preguntas a implementar en cada nivel y tipo de los test propuestos, proceso que se llevó a cabo durante los meses de abril a septiembre. Tanto las introducciones teóricas como muchos de los test iban acompañados de fórmulas químicas y/o imágenes, que se desarrollaron durante los meses de julio y septiembre.

Una vez redactadas las introducciones e implementadas en las mismas las correspondientes ilustraciones, se redactaron los archivos pdf correspondientes durante los meses de mayo a septiembre, habiéndose abierto el acceso de los alumnos a los mismos desde el mes de octubre.

Una vez comprobada por parte de los profesores la ausencia de erratas o inexactitudes en la redacción de las preguntas, los diferentes tipos de test se fueron implementando conforme se iban generando, en las correspondientes asignaturas del Campus Virtual de la UCM de los grupos que han colaborado en este proyecto. Para ello se han empleado los meses de octubre y noviembre.

Los intentos de uso del programa Jmol para la generación de modelos Java de las moléculas orgánicas se han realizado durante los meses de Mayo a Septiembre, sin que por el momento se haya conseguido una versión del mismo que sea totalmente fiable, por lo que los materiales aún no se han puesto a disposición de los alumnos.

## 6.- Anexos

Se incluyen aquí, en primer lugar, una serie de imágenes que pueden servir para tener una visión general de los diferentes materiales incluidos en las páginas del Campus Virtual de la UCM, correspondientes a las asignaturas de Química de los grupos de alumnos que han participado en la optimización de los materiales generados. Estas imágenes, tomadas por captura de pantalla, corresponden a tres de los test que se han puesto a disposición de los alumnos.

The image shows a screenshot of a virtual campus interface. On the left, there is a navigation menu with the following sections:

- Navegación por el cuestionario**
  - MARIA JOSEFA RODRIGUEZ YUNTA
  - Buttons 1-10
  - Terminar intento...
  - Comenzar una nueva previsión
- Navegación**
  - Mi Campus
    - Área personal
    - Páginas del sitio
    - Mi perfil
  - Curso actual
    - 15-108672
      - Participantes
      - Insignias
      - General
        - T1
        - T2
        - T3
        - T4
        - T5
        - T6
        - T7
        - T8

The main content area displays four quiz questions:

**Pregunta 1**  
Sin responder aún  
Puntúa como 1,00  
Marcar pregunta  
Editar pregunta  
¿Que tipo de isomería presentan los siguientes compuestos?  
CH3-CHOH-CH2-CH2-CH3 y CH3-CH2-CH2-CHOH-CH3  
Seleccione una:  
 a. De posición  
 b. De función  
 c. De cadena  
 d. No son isómeros, pues se trata del mismo compuesto

**Pregunta 2**  
Sin responder aún  
Puntúa como 1,00  
Marcar pregunta  
Editar pregunta  
Indicar para las siguientes definiciones si se refieren a nucleófilos o a electrofilos  
Una sustancia química que tiende a unirse a un centro de baja densidad electrónica   
Una sustancia o especie química que tiende a unirse o a reaccionar con moléculas que tienen defecto de electrones   
Una sustancia química que tiende a unirse a un centro de alta densidad electrónica   
Una sustancia o especie química que tiende a unirse o a reaccionar con moléculas que tienen exceso de electrones 

**Pregunta 3**  
Sin responder aún  
Puntúa como 1,00  
Marcar pregunta  
Editar pregunta  
¿Cual de los siguientes tipos de compuestos debe tener como mínimo 3 átomos de carbono?  
Seleccione una:  
 a. Un aldehído  
 b. Un ácido carboxílico  
 c. Un éster  
 d. Una cetona

**Pregunta 4**  
Sin responder aún  
Puntúa como 1,00  
Marcar pregunta  
Editar pregunta  
¿Que tipo de isomería presentan los siguientes compuestos?  
CHO-CH2-CH2-CH2-CH3 y CH3-CH2-CH2-CH2-CH2OH  
Seleccione una:  
 a. De posición  
 b. De función

Figura 1. Ejemplo de un test sobre conceptos generales de Química Orgánica

T14  
T15  
T16  
T17  
T18  
T19  
T20  
T21  
T22  
T23  
T24  
T25  
T26  
T27

Compuestos aromáticos  
Grupos funcionales con enlace sencillo carbono-het...  
Grupos funcionales con enlace doble carbono-hetero...  
Azúcares  
Conceptos básicos de Química Orgánica

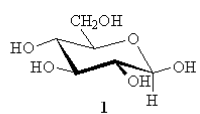
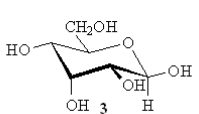
Mi Correo  
Mis cursos

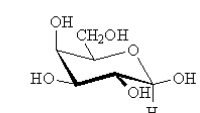
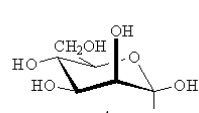
Administración

Administración del cuestionario  
Editar ajustes  
Anulaciones de grupo  
Anulaciones de

**Pregunta 3**  
Sin responder aún  
Puntúa como 1,00

Una D-aldohexosa proporciona un ácido aldárico ópticamente inactivo por oxidación con ácido nítrico. La degradación de Ruff de esta aldohexosa conduce a una aldopentosa que se reduce a un alditol ópticamente activo por tratamiento con  $\text{NaBH}_4$ . ¿Cuál de las siguientes estructuras corresponde a esta hexosa?

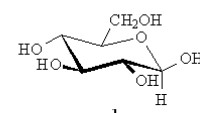
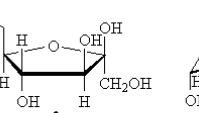
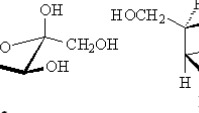
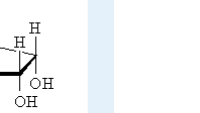
Seleccione una:

El compuesto 1  
 El compuesto 2  
 El compuesto 3  
 El compuesto 4

---

**Pregunta 4**  
Sin responder aún  
Puntúa como 1,00

¿Cuál de los siguientes compuestos es una  $\beta$ -cetoheptofuranosa?

Seleccione una:

El compuesto 1

Figura 2. Ejemplo de un test sobre conceptos básicos de hidratos de carbono

**Navegación por el cuestionario**

MARIA JOSEFA RODRIGUEZ YUNTA

1 2 3 4 5 6  
7 8 9 10

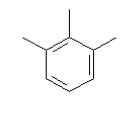
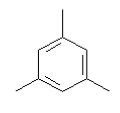
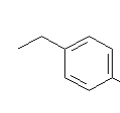
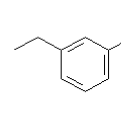
Terminar intento...  
[Comenzar una nueva previs](#)

**Navegación**

Mi Campus  
Área personal  
Páginas del sitio  
Mi perfil  
Curso actual  
15-108672  
Participantes  
Insignias  
General  
T1  
T2  
T3  
T4  
T5  
T6  
T7  
T8

**Pregunta 1**  
Sin responder aún  
Puntúa como 1,00

¿Cuál de los siguientes hidrocarburos de fórmula  $\text{C}_9\text{H}_{12}$  puede dar un único producto de fórmula  $\text{C}_9\text{H}_{11}\text{SO}_3\text{H}$  por sulfonación?

Seleccione una:

El compuesto C  
 El compuesto A  
 El compuesto B  
 El compuesto D

---

**Pregunta 2**  
Sin responder aún  
Puntúa como 1,00

Un grupo importante de colorantes comerciales, conocidos como **colorantes azo**, se preparan por reacciones de acoplamiento diazo. ¿Cuál es el grupo funcional característico de los azocompuestos?

Seleccione una:

-N=O  
 -NO<sub>2</sub>  
 -N=N-  
 -N<sub>3</sub>

---

**Pregunta 3**  
Sin responder aún  
Puntúa como 1,00

¿Cuál sería el mejor método para llevar a cabo esta síntesis?

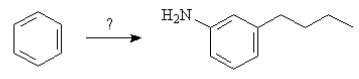


Figura 3. Ejemplo de un test sobre conceptos de nivel medio de reactividad.

A continuación se incluye, como ejemplo, la información de nivel básico contenida en una de las páginas sobre tipos de moléculas orgánicas y su comportamiento.

## Aminas

Las aminas pueden considerarse como derivados del amoniac, en los que los átomos de hidrógeno están sustituidos por radicales alquílicos o arílicos. Dependiendo del número de radicales orgánicos unidos al átomo de nitrógeno, se clasifican en **primarias**, **secundarias** y **terciarias**.

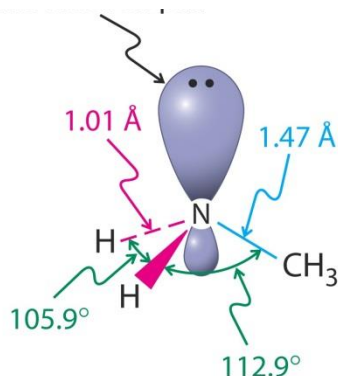


Existe también una clase de compuestos relacionados, las **sales de amonio cuaternario**, procedentes de la sustitución de los cuatro átomos de hidrógeno del catión amonio por radicales hidrocarbonados

### Estructura y propiedades físicas

Lo mismo que en el amoniac, en las aminas, el átomo de nitrógeno posee hibridación  $sp^3$ , es decir, posee cuatro orbitales híbridos  $sp^3$  dirigidos hacia los vértices de un tetraedro regular, ocupados tres de ellos por un electrón, y el cuarto posee el par de electrones sin compartir que caracteriza a estos compuestos.

Par de electrones sin compartir



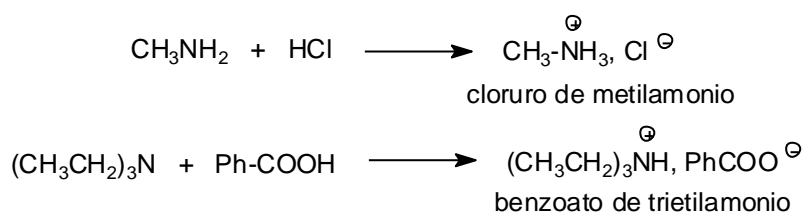
El nitrógeno es menos electronegativo que el oxígeno, por lo que los enlaces N-H están menos polarizados que los O-H y, debido a ello, los enlaces de hidrógeno en las aminas son más débiles que en los alcoholes, por lo que sus puntos de ebullición son menores, es decir, son más volátiles.

Por otra parte, al ser el N menos electronegativo, su par de electrones se comparte con mayor facilidad que en el oxígeno, por lo que las aminas forman con el agua enlaces de hidrógeno más fuertes que los alcoholes y, por tanto, son más solubles en ella.

Las aminas alifáticas inferiores tienen un olor repulsivo (amoníaco, pescado). En la descomposición de la carne se forman las diaminas putrescina  $[\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_4-\text{NH}_2]$  y cadaverina  $[\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_5-\text{NH}_2]$ .

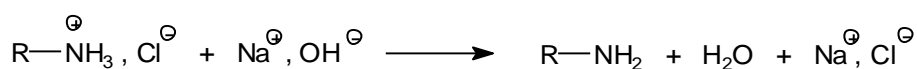
### Basicidad de las aminas

Tanto el amoníaco como las aminas son **básicos** porque pueden compartir su par de electrones solitario con un ácido de Lewis. Así, reaccionan con los ácidos para dar las correspondientes sales de amonio:



Esta es la razón por la que si un pescado (rico en aminas volátiles responsables de su olor característico) se tiene en adobo con una sustancia ácida como el vinagre (ácido acético) o el zumo de limón (ácido cítrico), estas aminas se transforman en las correspondientes sales de amonio que son solubles en agua y no volátiles (como cualquier sal), por lo que el olor desaparece. Así mismo desaparece el olor de las manos o utensilios de la cocina (o al cocerlos, que se pone siempre un medio ácido como limón, vino, vinagre, etc.)

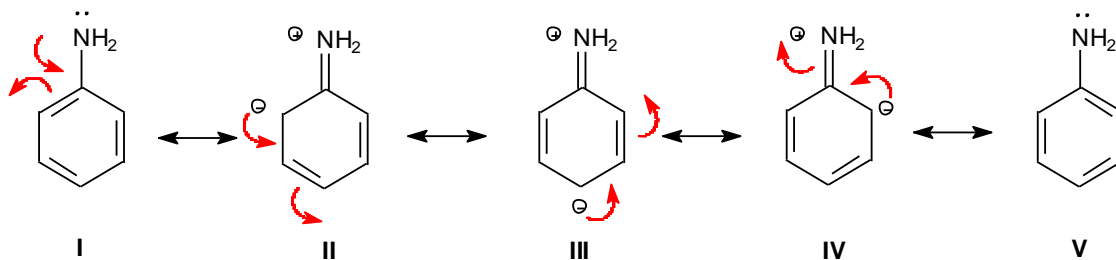
El amoníaco y las aminas son bases más fuertes que el agua, por lo que sus disoluciones acuosas son básicas. Sin embargo, al ser más débiles que el ión hidroxilo, se pueden liberar de sus sales por acción de las bases inorgánicas fuertes, como NaOH.



Vamos a ver ahora la basicidad relativa de los distintos tipos de aminas. Las aminas alifáticas son más básicas que el amoníaco ya que los grupos alquilo poseen efecto +I, que compensa o estabiliza la carga sobre el átomo de N. En el caso de las aminas terciarias hay que tener en cuenta además, el efecto estérico de los tres grupos alquilo, que dificultan el acceso al par de electrones sin compartir del nitrógeno y dificultan también la solvatación. Por tanto:

**Secundarias > primarias > terciarias**

Por su parte, las aminas aromáticas son menos básicas que el amoníaco, debido a que el par de electrones sin compartir existente sobre el N, está deslocalizado en el anillo aromático, siendo mucho menos accesible a los ácidos.



Los sustituyentes atractores de electrones en el anillo favorecen la deslocalización del par de electrones, por lo que disminuyen la basicidad, mientras que los donadores, al dificultar la deslocalización, aumentan la basicidad.

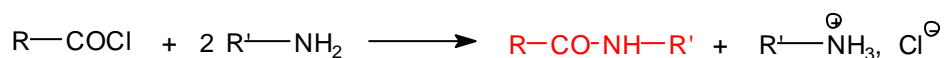
<u>amina</u>	<u>pK<sub>b</sub></u>	<u>K<sub>b</sub></u>
Dimetilamina	3,29	5,1 x 10 <sup>-4</sup>
Metilamina	3,36	4,4 x 10 <sup>-4</sup>
Trimetilamina	4,28	5,3 x 10 <sup>-5</sup>
Amoniac	4,74	1,8 x 10 <sup>-5</sup>
<i>p</i> -metoxianilina	8,70	2,0 x 10 <sup>-9</sup>
Anilina	9,38	4,2 x 10 <sup>-10</sup>
<i>p</i> -nitroanilina	13,00	1,0 x 10 <sup>-13</sup>

## Reactividad

### N-acilación

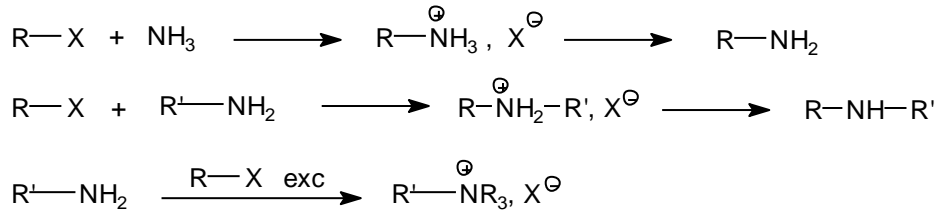
Las aminas primarias y secundarias reaccionan con ciertos derivados de los ácidos carboxílicos, tales como cloruros y anhídridos de ácido, para dar amidas

Estas reacciones son de sustitución nucleófila, ya que los grupos carbonilo de los reactivos son deficientes en electrones en el carbono.

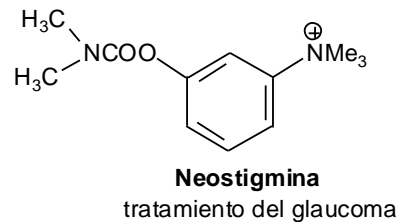
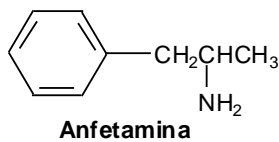
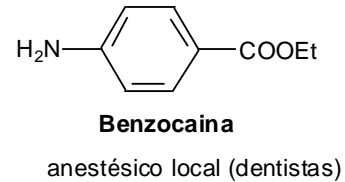
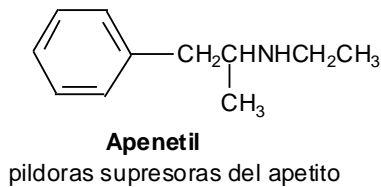
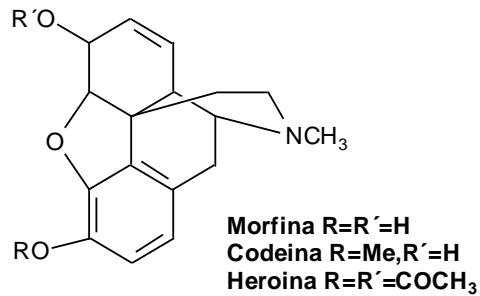
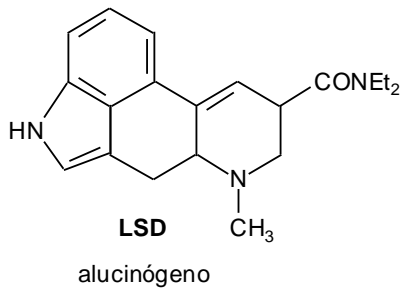
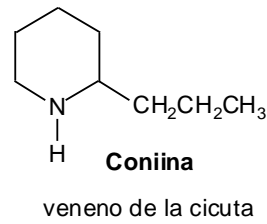
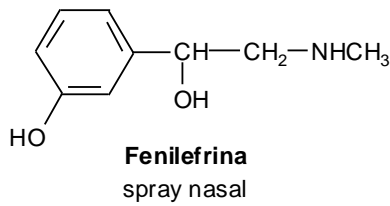


### N-alquilación

También son deficientes en electrones los carbonos unidos a un átomo de halógeno, por lo que pueden experimentar una sustitución nucleófila por tratamiento con amoniac o con aminas, dando lugar a aminas primarias o secundarias, mientras que si se hace reaccionar cualquier amina con un exceso de derivado halogenado se obtiene siempre la correspondiente sal de amonio cuaternario. Es la llamada alquilación de Hoffmann



### Aplicaciones industriales y biomédicas de las aminas



La neostigmina también se usó en la guerra química ya que es una neurotoxina que deja el nervio en excitación permanente. Las sales de amonio cuaternario se utilizan como catalizadores de transferencia de fase (al formar sales con aniones inorgánicos los 'solubilizan' en una fase orgánica).

El deciltrimetilamonio es un detergente catiónico que se emplea como suavizante. El tejido húmedo está cargado negativamente. Al neutralizarlas se reduce la fricción y la estática.

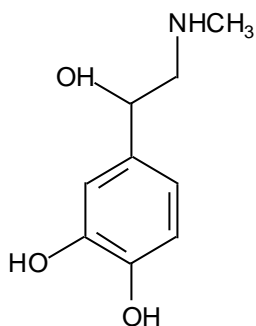
Son más germicidas, más solubles, estables y menos tóxicos y menos corrosivos. También se usan para limpiar aparatos de cirugía.

La mezcla de un detergente catiónico y uno no iónico se emplea para el lavado de pañales, en campús y en pastillas para la garganta.

Hay aminas cancerígenas, como la 2-naftilamina y la bencidina ( $H_2N-pPh-Ph-pNH_2$ )

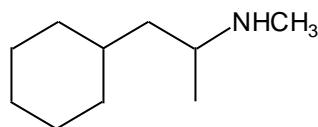
El nitrito sódico usado como conservante para fijar el color rojo de las carnes, previene el botulismo resultante del deterioro de las mismas. En presencia de un ácido (HCl del estómago), se transforma en ácido nitroso, que puede nitrosar aminas (por ejemplo de los aminoácidos), que forman carbocationes que pueden interferir en el desarrollo celular normal, produciéndose cancer. Por ejemplo. Al freir bacon se producen nitrosaminas, que se concentran en la grasa. Si se escurre bien hay menos nitrosaminas. También las hay en los ahumados y salchichas tipo frankfurt. Estas nitrosaminas se destruyen por el ácido ascórbico (vitamina C) presente en la fruta y jugos vegetales.

En un principio se prohibió su uso como conservante, pero cuando se descubrió que los nitritos se producen en el cuerpo humano, por las bacterias intestinales, se volvió a permitir.



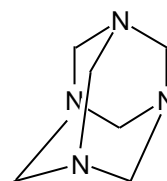
**Epinefrina**

Adrenalina,  
estimulante adrenérgico



**Propilhexedrina**

descongestionante nasal



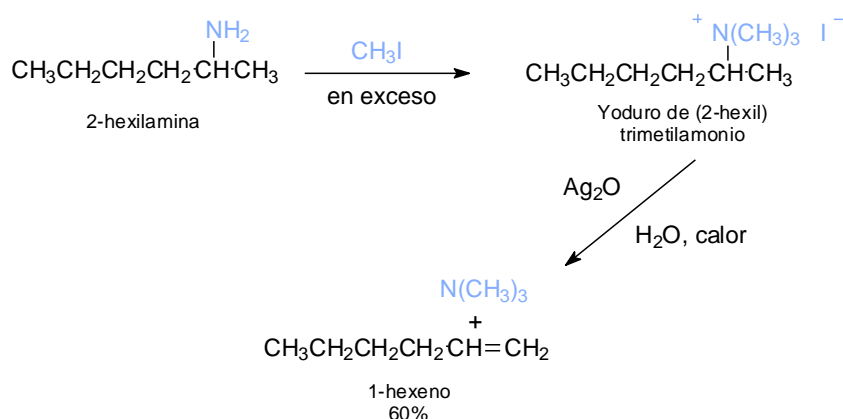
**Urotropina**

agente antibacteriano

En la página correspondiente nivel medio del mismo tema se incluye además lo siguiente:

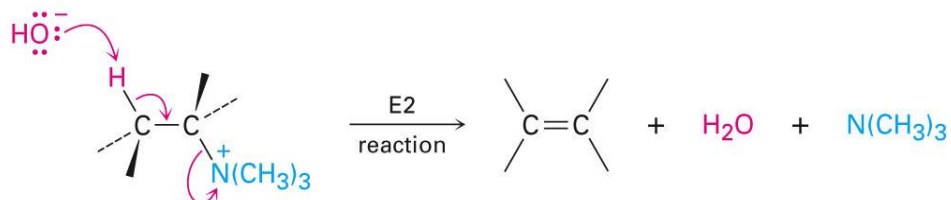
### Eliminación de Hoffman

Cuando los halogenuros de tetraalquilamonio se tratan con óxido de plata en medio acuoso, se obtienen los hidróxidos de amonio cuaternario correspondientes. Estos compuestos



se descomponen por acción del calor en **alquenos** y **aminas terciarias**.

En este proceso se elimina un átomo de hidrógeno unido a un C en  $\beta$  respecto al átomo de nitrógeno. Se trata de una reacción de eliminación E2 como la que tenía lugar en el caso de los derivados halogenados.



En este caso se forma como producto principal el alqueno menos sustituido, generalización que se conoce como regla de Hofmann. este resultado se justifica porque:

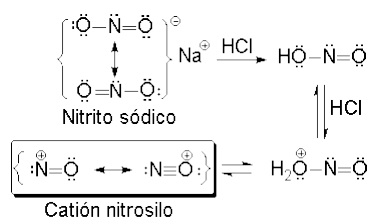
1.- Cuanto menor número de sustituyentes alquilo tienen los átomos de carbono  $\beta$ , más accesibles al ataque del  $\text{OH}^-$  son los hidrógenos unidos a ellos.

2.- Cuanto mayor es el número de grupos alquilo unidos a un átomo de carbono  $\beta$ , mayor es el efecto inductivo de cesión de electrones por parte de dichos sustituyentes y menor es la acidez de los hidrógenos unidos a ellos, haciéndolos menos atacables por el hidroxilo.

### Reacción con ácido nitroso

El ácido nitroso es un compuesto inestable que se genera "in situ" por reacción de un nitrito con un ácido mineral diluido. Al descomponerse forma  $\text{NO}^+$ , que es un electrófilo capaz de reaccionar con las aminas. resulta muy útil para distinguir entre los distintos tipos de aminas, ya que los productos obtenidos en cada caso son diferentes.

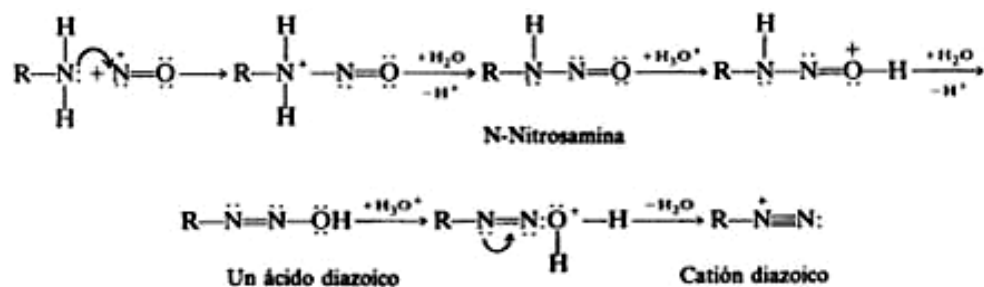
El ácido nitroso es muy inestable, por lo que se suele preparar "in situ" a partir de nitrito sódico y un ácido mineral diluido



El agente electrófilo reacciona con la amina para dar diversos productos según su naturaleza:

### a) aminas primarias

Se forma en primer lugar una **nitrosoamina**, que en medio ácido se transpone a su isómero, el **ácido diazoico**. Este ácido se protona en el medio de reacción, y la subsiguiente



pérdida de agua da lugar a un **cation diazonio**.

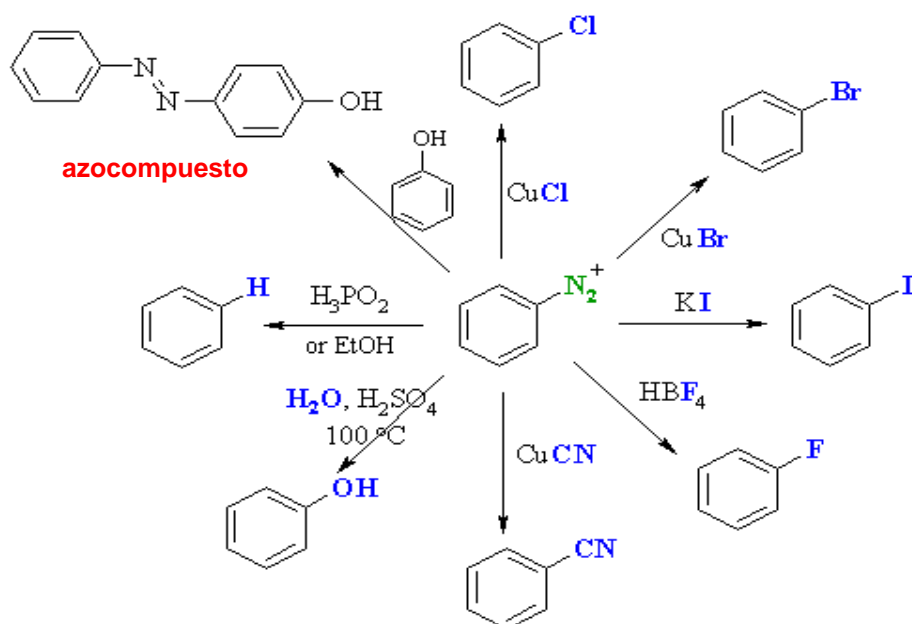
### a<sub>1</sub>) aminas primarias alifáticas

En el caso de aminas primarias alifáticas, el cation diazonio formado es muy inestable y pierde espontáneamente nitrógeno, formando un carbocation que puede reaccionar con cualquier nucleófilo presente en el medio. En medios acuosos los productos finales mayoritarios son los alcoholes, aunque también pueden formarse alquenos y halogenuros de alquilo.

### a<sub>2</sub>) aminas primarias aromáticas

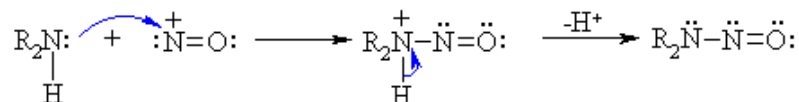
En este caso, el cation diazonio (o lo que es lo mismo, la **sal de diazonio** formada) es estable entre 0 y 5 °C, ya que está estabilizado por resonancia.

Las sales de diazonio formadas tienen gran importancia como intermedios en la síntesis de otros compuestos orgánicos. Por ejemplo:



### b) aminas secundarias

La reacción del ácido nitroso con las aminas secundarias, tanto alifáticas como



aromáticas, se detiene en la correspondiente **nitrosoamina**

amina secundaria    catión nitrosilo

N-nitrosoamina

### c) aminas terciarias

Las aminas terciarias, al carecer de átomos de hidrógeno, sólo forman las sal de N-nitrosoamonio, que se descomponen con gran facilidad.